

## 2.6.2

### Tubing Inspection

#### 2.6.2.1

为复杂应用生产管材时，诸如颗粒和材料滴落等缺陷可能是一个质量问题。CTMV 实现了一种用于在线油管检测的视觉系统。

#### 2.6.2.2

- 如上所述，必须实现对指定缺陷的在线检查。必须检测的最小缺陷尺寸为 0.08 毫米。缺陷根据缺陷类型和大小分为不同的类别。对于每一类，公差可以定义为发生的大小和频率。例如，如果颗粒大小在 0.1 mm 和 0.2 mm 之间，并且每 1 m 管检测到的缺陷不超过 5 个，则颗粒是可以容忍的。
- 管径在 5 mm 和 32 mm 之间变化。油管是透明的。可以将直径变化发送给系统。管子表面没有污垢或粘合剂；预计不会发生颜色变化。
- 管子以最大速度为 3 m/min 的水平运动方式生产。横向的位置公差为 0.5 mm。
- 必须检测的最小缺陷尺寸为 0.08 毫米。处理时间被定义为处理速度的函数。在完成下一次采集之前，需要处理图像。
- 如上所述，需要用于控制和设置管径的用户界面、用于打印输出和存储的检查协议以及通过 TCP/IP 连接在线访问缺陷数据。
- 直接观察管子是可能的。距管中心的最大距离为 400 mm。在运动方向上，系统可以使用 700 mm 的距离。摄像机与计算机之间的距离为 3 m。组件应被滴水覆盖。

#### 2.6.2.3

1. 由于管子正在移动，并且需要相当高的分辨率，因此首选线扫描设置。要覆盖 360° 的周边，至少必须使用六个摄像头。此时，显示了六个线扫描相机、足够数量的图像采集卡和处理硬件的成本计算；费用超出预算。因此，必须使用区域相机。对于获取单帧，相机触发和合并两个或更多图像中部分可见的缺陷将是一个问题。

2. 当使用六个摄像头时，每个摄像头需要覆盖半径大小的视野，如图 2.13 所示。最大直径指定为 32 毫米，半径为 16 毫米。定位公差小于 0.5mm。因此，一台摄像机所需的视场可以计算为

$$\text{FOV} = \text{maximum part size} + \text{tolerance in positioning} + \text{margin} \\ + \text{adaption to aspect ratio of camera sensor}$$

$$\text{FOV}_{\text{hor}} = 16 \text{ mm} + 0.5 \text{ mm} + 1 \text{ mm} = 17.5 \text{ mm}$$

使用传感器比为 4:3 的区域相机，垂直视场确定为

$$\text{FOV}_{\text{vert}} = \text{FOV}_{\text{hor}} \cdot 3/4 = 17.5 \text{ mm} \cdot 3/4 = 13.125 \text{ mm}$$

因此，视场计算为 17.5 mm × 13.125 mm。摄像机的安装如图 2.14 所示。

3. 最小缺陷的尺寸定义为 0.08 mm。由于处理例程将基于斑点分析，因此应使用至少 3 个像素来映射最小缺陷。因此，需要 0.027 mm/像素的空间分辨率。有了视场，相机分辨率可以计算为

$$R_c = \text{FOV}/R_s = 17.5 \text{ mm}/0.027 \text{ mm/pixel} = 656 \text{ pixels}$$

4. 由于这些值，可以选择标准 VGA 相机。选择相机接口技术 IEEE 1394 是因为与 Camera Link 等系统相比，它易于集成且成本较低。选择传感器分辨率为 656 × 491 像素的 Basler 601f CMOS 相机。使用 656 像素映射 17.5 mm FOV，得到的空间分辨率为

然后用 3 个像素映射 0.08 毫米的最小缺陷。一台 19" 基于 Windows XP 的计算机用作硬件平台。相机连接到两个具有可重新配置 I/O 和 IEEE 1394 连接的 National Instruments PCI-8254R 板卡。

5. 与管中心的最大距离定义为 400 mm。放大倍数可以计算为  
传感器尺寸由  $9.9 \mu\text{m}/\text{像素}$  的单元尺寸和 656 像素的传感器分辨率相乘得出。使用放大倍率和距管中心 400 mm 的最大距离减去相机和镜头的 200 mm 值，焦距可以计算为
6. 由于管子是半透明的，因此使用了漫反射背光。缺陷会显得很暗。由于需要将快门时间设置为低值，因此需要高强度。管子在图像中移动 1 个像素的距离所需的时间计算为
7. 对于机械设计，需要考虑摄像机和灯的安装。由于不同的照明可能会相互干扰，因此将相机和灯光组排成一排。一台摄像机的设置如图 2.15 所示。由于设备必须被滴水覆盖，因此灯和摄像头安装在外壳中，计算机也是如此。
8. 电缆长度低于 4.5 m，符合 IEEE 1394 规范。
9. 对于软件库，CTMV 软件包是使用 Microsoft Visual C# 编写的。对于图像采集，选择了适用于 IEEE 1394 的 National Instruments Imaq API。对于图像采集，必须触发相机以捕获具有 2 毫米定义重叠的帧。图 2.16 显示了由一台摄像机拍摄的四个后续帧。为了触发，使用了一个旋转编码器，它指示管的运动（图 2.17）。编码器信号连接到图像采集卡的一个专门设计的输入端。使用 FPGA 计数器，触发信号由卡创建并设置到相机。主机上的应用软件不处理触发；它由 FPGA 完成。这节省了计算时间并保证了触发过程的高可靠性。由于管是弯曲的，因此图像中不存在均匀的光均匀性。图 2.18 显示了一个管子的图像。达到统一，对于后一种检查，使用阴影。示教在检查开始时进行；参考是几个图像的平均计算。特征定位和分割是通过阈值来完成的。由于使用了阴影，因此对不同管的阈值进行调整不是强制性的。图 2.19(a) 和 (b) 显示了原始图像中的缺陷，并通过阈值分割。分割后，通过 blob 分析完成特征解释。每个斑点都以高度、宽度和面积来衡量。此外，它被分类为缺陷类别，例如颗粒和液滴。对于测量，必须检查缺陷是否在一帧以上可见，因此必须因正确测量而合并。图 2.20 显示了这种情况。在测量和分类之后，缺陷被添加到适当的缺陷类别中。如果允许的缺陷数量超过定义的容差，则设置错误信号。此外，执行缺陷记录数据库中的条目，包括缺陷的宽度、高度和图像。